

品質要求フレームワークの IoT システムへの適用例とその評価

中島毅^{†1} 込山俊博^{†2}

概要: 近年の情報通信技術システムは、多数の利害関係者が関わり、多数のコンポーネントを開発/利用して構成されるため、その品質要求の定義はより一層重要になってきている。本稿では、ISO/IEC 25030 の品質要求フレームワークを、IoT アプリケーションに適用する方法を、例題を使って示す。この適用結果から、品質要件を定義するためのフレームワークの有用性と、解決すべき問題を示す。

キーワード: 品質要求フレームワーク, SQuaRE, IoT

Applying Quality Requirements Framework to an IoT System and its Evaluation

TSUYOSHI NAKAJIMA^{†1} TOSHIHIRO KOMIYAMA^{†2}

Abstract: Modern information and communication technology systems are more focused on their quality requirements since the systems have many stakeholders and are developed / utilized with many components. This paper shows how the quality requirements framework of the ISO/IEC 25030 can be applied to an Internet of things application. The results of this application are qualitatively evaluated to show the usefulness of the framework for defining quality requirements, and also its problems to be solved.

Keywords: Quality requirements, SQuaRE, IoT

1. はじめに

情報通信技術 (ICT) システムは、多種多様なビジネスや組織/個人活動の実行のためのインフラとして使用されるようになってきている。そのため、ICT システムの品質確保は、利害関係者に価値を提供するためだけでなく、その潜在的な悪影響を回避・軽減するためにも重要である。

そのような高品質の ICT システムを開発するには、機能要件に加えて品質要求の適切なバランスを見つけることが利害関係者の目的を達成するための成功要因となる。

ICT システムの複雑さは、モノのインターネット (IoT) のようなデジタル技術の出現とともに指数関数的に増大している。これはまた、ICT システムにおいて、重要な品質要求をより一層考慮する必要性を増す要因ともなっている。

ISO/IEC 25030:2007 品質要求は、ソフトウェアから ICT システムへとその範囲を拡大するために、品質要求フレームワークとしてその改訂が進行中である [1]。この規格は、ISO/IEC 25000 システムおよびソフトウェア品質要件と評価 (SQuaRE) シリーズに属する。

本稿では、ISO/IEC DIS 25030 品質要求フレームワークの紹介を行うとともに、ある IoT システムを例題にその適用方法を示し、有効性の評価と解決すべき課題について示す。本稿は、2 節において、SQuaRE シリーズおよび品質要求フ

レームワークを概説し、3 節で適用例題の IoT システム、4 節で当該フレームワークの適用結果を示す。5 節でその有効性を定性的に評価し解決すべき課題を明らかにする。

2. SQuaRE と品質要求フレームワーク

2.1 SQuaRE シリーズの構成

SQuaRE シリーズは、5 つの主要部門と 1 つの拡張部門で構成されている。以下に、主要部門の位置づけを示す。

- ISO/IEC 2500n - 品質管理部門：この部門を構成する規格は、SQuaRE シリーズの他のすべての規格で使用されるすべての共通モデル、および用語と定義を定義している。この部門はまた、品質要求の仕様化及び評価の管理に責任のある支援機能のための要求事項とガイダンスを提供する。
- ISO/IEC 2501n - 品質モデル部門：この部門を構成する規格は、システム/ソフトウェア製品、利用時、データおよび IT サービスの品質モデルを提供する。品質モデルの使用に関する実践的なガイダンスも提供する。
- ISO/IEC 2502n - 品質測定部門：この部門を構成する規格には、品質測定参照モデル、品質測定量の定義、およびそれらの適用ガイダンスが含まれている。品質測定量の定義には、製品品質、利用時の品質、データ

^{†1} 芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology
^{†2} 日本電気 (株)

品質, IT サービスの測定量の定義がある。

- ISO / IEC 2503n - 品質要求部門: この部門を構成する規格は, 品質要求事項の定義に役立つ。開発されるシステム/ソフトウェア製品のための品質要求獲得のプロセス, 必要な品質を達成するためのプロセスの設計, および評価プロセスへの入力として使用することができる。
- ISO / IEC 2504n - 品質評価部門: この部門を構成する規格は, 独立評価者, 取得者または開発者が利用可能な, システム/ソフトウェア製品評価のための要求事項, 推奨事項, およびガイドラインを提供する。回復性の評価モジュールも提示されている。

2.2 品質要求事項および品質モデル/測定量

(1) 利用時の品質

利用時の品質とは, ICT 製品またはサービスの使用による影響が, 特定の利用状況においてユーザまたは他の利害関係者のニーズをどの程度満たすかを示す。つまり, 利用時の品質要求 (QIUR) は, さまざまな利害関係者のニーズから派生し, 各利害関係者の観点から要求される品質レベルを表す。QIUR は, 製品が特定の使用状況で使用された場合の直接的成果と間接的な結果に関係しており, 製品の妥当性確認および検証に利用することができる。

QIUR は, 利用時の品質モデル (ISO / IEC 25010 [2]) および測定値 (ISO / IEC 25022 [4]) を使用して仕様化できる。図 1 に, 利用時の品質モデルの特性と副特性を示す。

有効性	効率性	満足性	リスク回避性	利用状況網羅性
有効性	効率性	実用性 信用性 快感性 快適性	経済リスク緩和性 健康・安全リスク緩和性 環境リスク緩和性	利用状況完全性 柔軟性

図 1 利用時の品質モデル
 Figure 1 Quality in use model

(2) 製品/データ品質

製品/データ品質は, 利害関係者のニーズを満たすことを可能にする ICT 製品/データのもつ能力である。

製品品質要求 (PQR) は, ICT 製品の観点から要求される品質レベルを表す。そのほとんどは, QIUR を含む利害関係者の要求より導出され, 対象 ICT 製品の妥当性確認および検証のための目標として使用できる。

PQR は製品品質モデル (ISO / IEC 25010 [2]) と測定値 (ISO / IEC 25023 [5]) を使用して仕様化できる。図 2 に製品品質モデルの特性と副特性を示す。

データ品質要求 (DQR) は, ICT 製品に関連するデータに対して要求される品質レベルを表す。これらは関連する

QIUR と PQR から導出することができる。DQR はデータ側からの妥当性確認と検証に使用できる。

機能適合性	性能効率性	互換性	使用性
機能完全性 機能正確性 機能適切性	時間効率性 資源効率性 容量満足性	共存性 相互運用性	適切度認識性 習得性 運用操作性 ユーザエラー防止性 ユーザインタフェース快楽性 アクセシビリティ
信頼性	移植性	保守性	セキュリティ
成熟度 可用性 障害許容性 回復性	適応性 設置性 置換性	モジュール性 再利用性 解析性 修正性 試験性	機密性 インテグリティ 否認防止性 責任追跡性 真正性

図 2 製品品質モデル

Figure 2. Product quality model

DQR は, データ品質モデル (ISO / IEC 25012 [3]) および測定値 (ISO / IEC 25024 [6]) を使用して仕様化できる。

図 3 は, データ品質モデルの 15 の特性を示している。これらの特性は, 固有のものあるいはシステム依存のものに分類されている。

固有	固有 & システム依存	システム依存
正確性 完全性 一貫性 信ぴょう(憑)性 最新性	アクセシビリティ 標準適合性 機密性 効率性 精度 追跡可能性 理解性	可用性 移植性 回復性

図 3 データ品質モデル

Figure 3. Data quality model

2.3 システム階層と品質要求種別ごとの対象範囲

図 4 は, SQuaRE シリーズが想定するシステム階層と, 品質要求種別ごとの対象範囲を示している。

QIUR を定義する対象範囲は, 情報システムである。情報システムには少なくとも 1 つの ICT 製品, 1 つのユーザ, および関連する環境, 加えて開発組織, 取得組織, 規制機関, および社会全般などの他の利害関係者も含む。

PQR を定義する対象範囲は, ICT 製品またはその構成要素 (サブ ICT 製品, ハードウェア, 通信設備, ソフトウェア, およびソフトウェアコンポーネントを含む) に対して定義され, DQR は ICT 製品内のデータに対して定義される。

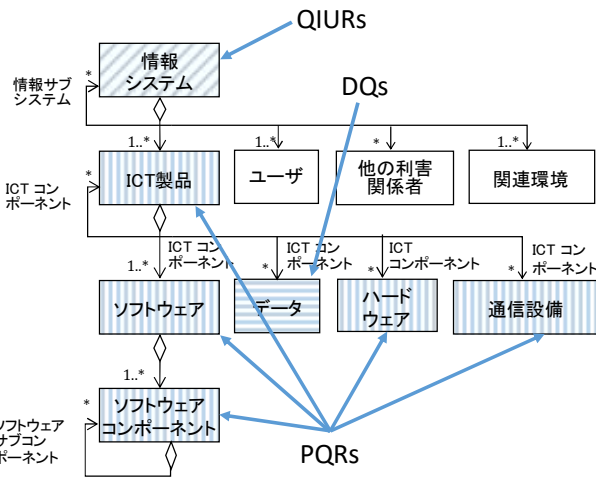


図 4 システム階層と品質要求の対象範囲

Figure 4. System hierarchy and scope of quality requirements

図 5 は、小規模な IoT システム「部屋の開閉監視システム」を、SQaRE システム階層へのマッピングした例を示している。システムは、室内灯の下で測定された照度データを用いて部屋が開いているか閉じているかを判断し、ユーザはその結果を、Web を通じて外から知ることができる機能を持つ。

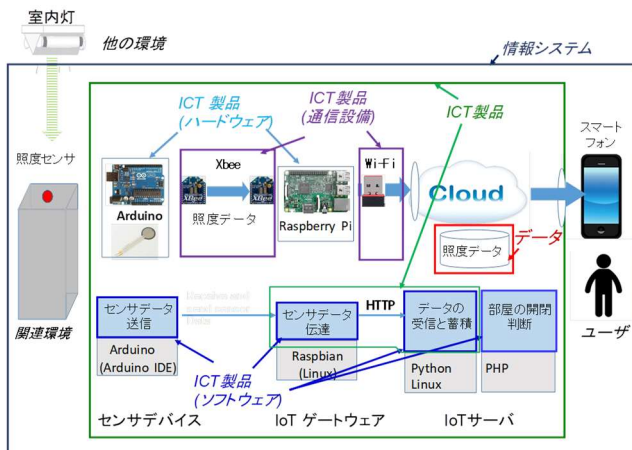


図 5 部屋の開閉監視システムのシステム階層への写像

Figure 5. Mapping of Room open/close monitoring system to the SQaRE system hierarchy

図 5 において、QIUR の対象である情報システムは、ICT システムとそのユーザ、対象外の ICT 製品としてのスマートフォン、および関連環境としての室内の物理的なレイアウトと現象などを含む。PQR の対象である ICT 製品は、ハードウェアとしてのセンサデバイスと IoT ゲートウェイ、通信機能としての Xbee と Wi-Fi、ソフトウェアコンポーネントとしての「センサデータ送信」、「センサデータ伝達」、「データ受信・保存」、「部屋開閉判断」、データとして「輝度データ」を含む。ICT 製品の開発では、これらすべての対象エンティティの品質を取り扱い、管理する必要がある。

2.4 品質要求フレームワーク

ISO / IEC DIS 25030 [1]は、品質要求の概念、及びそれらを獲得、定義、使用、管理するための手順と手法から成る品質要求フレームワークを提供する。

その重要なポイントは以下の 3 つである。

- 品質要求獲得には、ICT 製品を直接使用するユーザだけでなく、(製品の結果を使用する) 間接的なユーザや開発組織、規制機関、および社会全般などの他の利害関係者も考慮に入れる必要がある。表 1 は、どの種別の利害関係者がどの種別の品質要求の情報ソース、利用者あるいは関連者を示す。

表 1 利害関係者と品質要求のタイプ

Table 1. Stakeholders and types of quality requirements

利害関係者		品質要求		
		QIUR	PQR	DQR
ユーザ	一次ユーザ	S	S	S
	二次ユーザ	S	S	S
	関節ユーザ	S		S
他の利害関係者	開発者	U	S, U	S, U
	調達者	U	U	U
	規制機関	S	S	S
	社会全般	R		

S: 情報ソース / U: 要求の利用者 / R: 関連者

- PQR の多くは QIUR から導くことができる。そのため、最初に QIUR を検討し、それらを満たすためにそれらの構成要素(より小さな ICT 製品、ソフトウェア、データ、ハードウェア、および通信設備) の PQRs あるいは DQR に展開する。

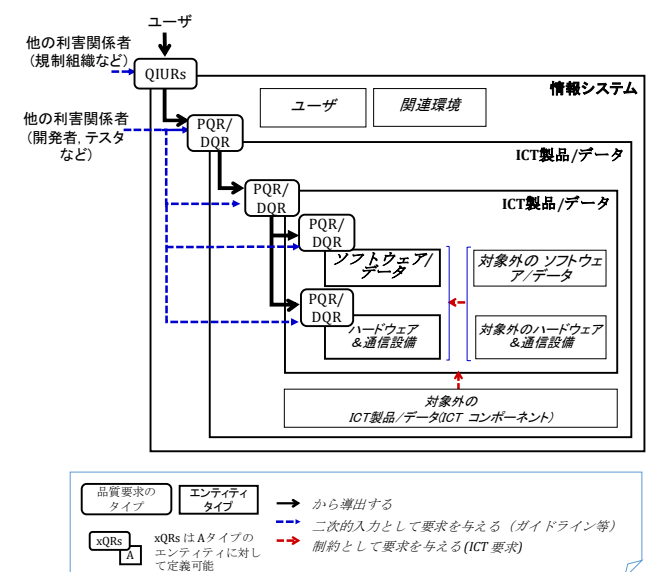


図 6 品質要求の導出

Figure 6. Derivation of quality requirements

図 8 は、ある品質要求が、システム階層内で他の品質要求をどのように導出するかを示している。

- 品質要求は、曖昧で検証不可能な記述を避けるため、測定量を用い定量的に定義する。品質測定量として、QIUR は ISO / IEC 25022 利用時の品質測定量 [4], PQR は ISO / IEC 25023 製品品質測定量 [5], DQR は ISO / IEC 25024 データ品質測定量 [6]を使用する。

3. IoT システムと適用対象システム

3.1 IoT システムの特徴

IoT は、デジタルおよび物理的な「モノ」を適切な情報通信技術によって接続し、種々のアプリケーションやサービスを実現する概念及び技術であり、次に示す特徴をもつ[7].

- 多くの関連する利害関係者の関与
- デバイスとネットワークの異質性と開放性
- リソース制約
- 自発的なインタラクション
- セキュリティ攻撃を受ける界面の増加

3.2 適用例題の IoT システム

SQuaRE の品質要求フレームワークを適用する対象の IoT システムは、「高齢者監視システム」である。図 7 にそのシステム構成を示す。

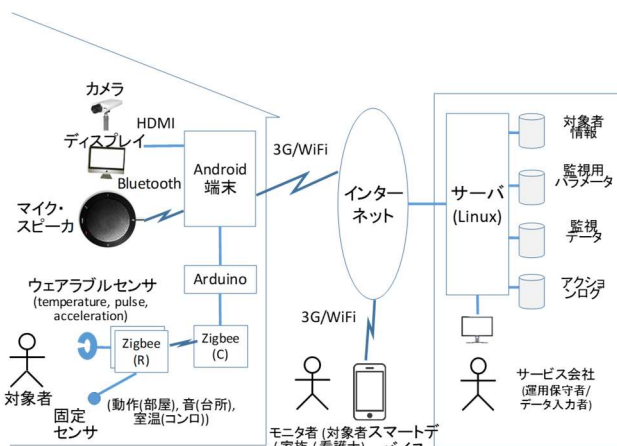


図 7 高齢者見守りシステム
Figure 7. Elderly monitoring system

本システムのセンサ装置は、一人暮らしの監視対象高齢者に関する状況データを収集する。センサには、高齢者の家の固定点にあるモーション、照度、温度、音、カメラのセンサ、監視対象者に装着される体温、脈拍、血圧、および加速度を測定するためのウェアラブルセンサがある。これらのセンサデータは、Android 端末に集め、無線通信を通じ、サービス会社のサーバに送り、監視対象者の行動や身体の状態を監視および分析して種々のサービスを提供する。提供されるサービスには、監視対象者の危険な状況を指定

されたモニターへ通知、スピーカなどを介して監視対象者への直接アドバイスなどがある。

表 2 は、サービス会社のサイトにおけるこのシステムの重要なデータを示している。

表 2 システムの主要データ
Table 2. Important data for the system

データ	記述	データ項目
監視対象者情報	歴を含む監視対象者に関する個人データ	対象 ID, 名前, 誕生日, 病歴, 身体情報, 場所
モニタのパラメータ	何をどのように監視するかについてのパラメータとルール	対象 ID, センサデータ(種類, 範囲, 精度, 単位), センサ構成, 異常:(データ, 範囲)→処置, 監視対象者を監視している人
モニタデータ	センサから監視される監視対象者とシステムコンポーネントの時系列データ	対象 ID, 経時的なセンサデータ, 時間経過に伴うシステムコンポーネントの状態
行動ログ	システムが推測するターゲットの行動の時系列	対象 ID, 経時的なセンサデータ, 時間経過に伴うシステムコンポーネントの状態

図 8 に、高齢者見守りシステムのユースケースを記述する。

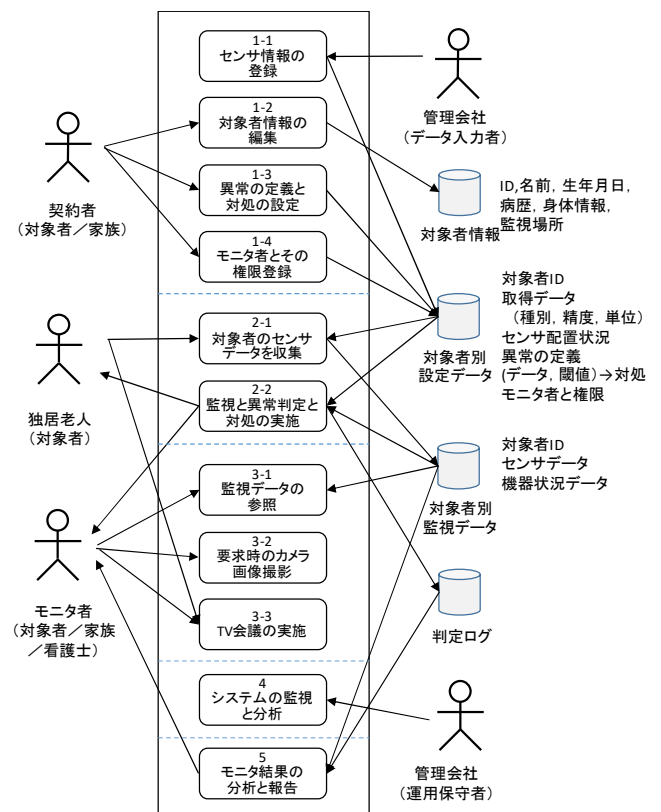


図 8 高齢者見守りシステムのユースケース
Figure 8. Use cases of the elderly monitoring system

4. 品質要求フレームワークの適用

4.1 利害関係者の特定と重要な QIUR の選択

第1ステップは、対象システムの利害関係者を識別する。品質要件フレームワークは、利害関係者の分類（直接利用者、間接利用者および他の利害関係者）を提供する。他の利害関係者には、品質要求のユーザ（開発者、取得者、独立評価者）、規制機関、および社会全般が含まれる。

高齢者監視システムで特定されている利害関係者を以下に示す。

- 直接ユーザ： 契約者、独居老人、家族、看護師、およびサービス会社のオペレータ
- 間接ユーザ： サービス会社の管理者
- 他の利害関係者： 開発者、救急車

第2ステップは、対象となる ICT 製品が提供する成果と結果が識別される。まず、すべての利害関係者に対して、対象システムを利用して達成するための目標を抽出する。直接ユーザの場合、その目標を達成するためにシステムのユースケース（図 8）のいずれかに、関与しているはずである。製品のアウトプットを使用する間接ユーザ、および製品を使用しないがそれから影響を受ける可能性がある他の利害関係者の場合、彼らも目標に関連するユースケースはない。

図 1 に示す利用時の品質モデルは、ICT 製品が提供する成果と結果を分類しているため、このステップは利害関係者の目標（およびユースケース）を達成するための重要な利用時の品質特性/副特性を選択することに単純化される。

表 3 は、直接ユーザにとって重要な QIUR を選択する場合の例である。契約者は、実施して欲しいことをサービス会社に知らせたいという目標を持つ。この目標は、ユースケース 1-2, 1-3, および 1-4 に対応するので、効率性（入力のための操作）およびリスク回避性（誤ったパラメータを入力しないこと）が、利用時の品質の重要な副特性として選択できる。

これに対して、独居老人の目標は、指定した異常状態を検出し指定した応答を返してもらうことと、自分の現在の身体状態と行動パターンに関する有用な情報を得ることである。前者の目標は、ユースケース 2-2「監視と管理」に対応するので、有効性（早期治療）と信用性（適切なタイミングで正しい結果を得ることへの確信）を、利用時の品質の重要な副特性として選択できる。後者の目標は、ユースケース 5「分析結果の報告」に対応するので、有効性（客観的な洞察を得るために現在の身体状態および行動パターンに関する有用な情報を得ること）が選択できる。

選択した副特性とその簡単な記述からなる粗い QIUR は、4.2 の PQR および DQR を導出、及び 4.3 の詳細な QIUR の仕様化のための出発点になる。

表 3 直接ユーザに対する QIUR 選択

Table 3. QIURs selection for direct users

利害関係者	目標	Use case	重要な QIUR 特性(成果と結果)
独居老人 (直接ユーザ)	対象に指定された異常状態を検知して対処する	2-2	有効性: 早期治療 信用性: 正しいタイミングと結果
	現在の身体状態と行動パターンを入手する	5	有効性: 現在の身体状態と行動パターンに関する情報から客観的な洞察を提供
家族 (直接ユーザ)	対象の正常性を確認する	3-1 3-2	有効性: いつでもどこでもターゲットの状態を見ることができ
	対象の重大な異常を通知してもらう。	2-2	信用性: 正しいタイミングと結果 リスク回避性: 以下のリスク *重大な異常の見落とし *些細な異常に関する不要な通知
看護師 (間接ユーザ)	対象の正常性を確認する	3-1 3-2	有効性: 遠隔看護 効率性: 患者の異常の早期通知
	対象のすべての異常を通知してもらう。	2-2	有効性: 早期治療 信用性: 正しいタイミングと結果 リスク回避性: 以下のリスク *重大な異常の見落とし
	医師に診断を依頼するためのレポートを作成する	5	効率性: 自動レポート
サービス会社のオペレータ (直接ユーザ)	すべての機器を監視し、何か問題がある場合は対処する	4	効率性: システムの監視と制御 有効性: 機能不全または機能不全の前の予防措置
	システムと設備を維持し更新する	1-1	効率性: メンテナンス活動
契約者 (直接ユーザ)	実施希望事項をサービス会社に伝える	1-2 1-3 1-4	効率性: パラメータ入力操作 リスク回避性: 誤入力の防止

表 4 間接ユーザと他の利害関係者に対する QIUR 選択

Table 4. QIURs selection for indirect users and other stakeholders

利害関係者	目標	重要な QIUR 特性(成果と結果)
サービス会社の経営者 (間接ユーザ)	顧客満足度を向上させる	有用性 信用性
	インシデントを防止する	リスク回避性: 以下リスク *システムの故障や誤動作による事故 *通常運用における事故 *プライバシーの漏洩 *悪意のある攻撃による誤動作
開発者 (他の利害関係者)	QCD 目標の達成	効率性: 開発活動
	定期的に新しい機能を実装するためにシステムを更新する	効率性: メンテナンス活動
救急車 (他の利害関係者)	Dispatch ambulance cars on demand (by nurse's call)	リスク回避性: 以下リスク 救急車の不必要な派遣の防止

例えば、サービス会社の経営者は、顧客満足度を獲得すること、会社のビジネスに影響を与える可能性があるインシデントを防止することの2つの目標を持つ。前者の目標を達成するために、(製品の)有用性と(良いサービスを得ることに対する)信用性が、利用時の品質の重要な副特性として選択できる。また、後者の目標を達成するために、(システム障害やセキュリティインシデントなどに対する)リスク回避性が選択できる。

開発者や規制機関など他の利害関係者も、対象製品に対していくつかの品質要求を提供する可能性がある。

4.2 PQR と DQR の導出

前節のステップにより、各利害関係者の QIUR は獲得され文書化されている。ここでは次に、これらの QIUR を対象に、システム階層の低位レベルの対象エンティティに対する PQR と DQR に展開する。

図 9 は、概念設計が終了した後の高齢者モニタリングシステムから SQuaRE システム階層へのマッピングである。ここでは、ハーフトーン IoT デバイス、データ、およびソフトウェアコンポーネントが、品質管理が必要な対象エンティティである。ここで、品質管理対象以外のエンティティもまた、それらを含むか相互作用する対象エンティティに影響を与え制約を課する可能性があることに注意する。

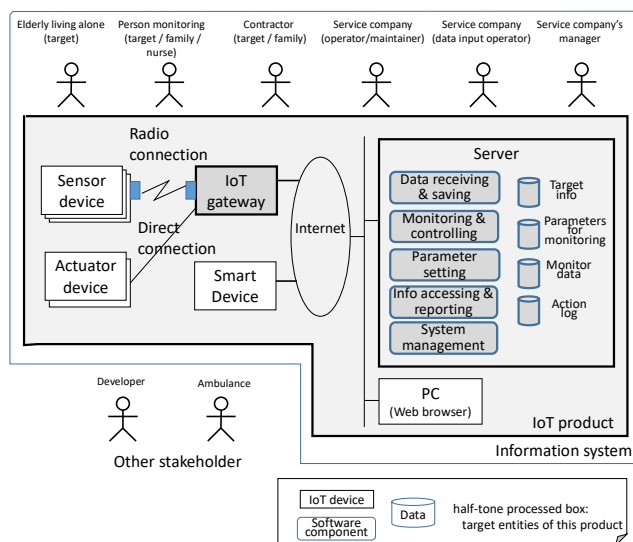


図 9 例題システムにおける品質要求の対象エンティティ
Figure 9. Target entities for quality requirements in the system

対応する QIUR を満足するために、PQR について重要な製品品質特性/副特性 (図 2)、DQR についてデータ品質特性/副特性 (図 3) を選択する。対象 ICT 製品に対する PQR の中には、サブコンポーネントに展開すべきものがある (→で示す)。DQR は、製品が使用するデータファイルまたはデータベースに対して識別する。

表 5 は、サービス会社の経営者の QIUR から、PQR および DQR を導出する方法を例示している。システム障害または誤動作によるインシデントに対するリスク回避性から、サーバの可用性、および ICT 製品全体の成熟性と時間効率性の 3 つの PQR が識別できる。また、サーバの可用性 (PQR) は、サーバ上のすべてのデータ (DQR) の回復性を伴う。ICT 製品全体 (PQR) の成熟性は、IoT デバイス、ソフトウェアコンポーネントを含むすべてのサブコンポーネントの成熟度 (PQR)、及びすべてのデータの正確性、完全性、お

よび一貫性 (DQR) に展開される。ICT 製品全体の時間効率性 (PQR) は、サーバのスループット (PQR) に展開され、これはモニタデータの効率性とアクセシビリティ (DQR) を必要とする。

プライバシーの漏洩に対するリスク回避性 (QIUR) から、監視データ、対象情報および行動ログの機密性 (DQR) が導き出され、監視データの 1 つはセンサからサーバへのすべての装置および通信設備の機密性、及びサーバと Web の機密性 (PQR) を必要とする。

表 5 サービス会社経営者の QIUR から PQR/DQR の導出

Table 5. Derivation of PQRs and DQRs form QIURs of

a service company's manager

利害関係者	QIUR	PQR	DQR
サービス企業の経営者 (関節ユーザ)	リスク回避性 以下リスク		
	*システム障害または誤動作による事故	サーバの可用性 成熟性 →全コンポーネントの成熟度 時間効率性 →サーバのスループット	サーバ上の全データの回復性 全データの正確性、完全性、一貫性 監視データの効率とアクセシビリティ
	*通常運用による事故	成熟度	データの正確性、一貫性、最新性
	*プライバシーの漏洩	センサからサーバまでのすべてのデバイスおよび通信設備の機密性 サーバと Web の機密性	監視データの機密性 対象情報とアクションログの機密性
	*悪意のある攻撃による誤動作	IoT デバイスおよびネットワークのインテグリティ	監視用パラメータの追跡可能性

表 6 は、契約者 (直接ユーザ) の QIUR から PQR および DQR を導出する方法を例示する。ユースケース 1-2, 1-3, および 1-4 は、サーバ上のソフトウェアコンポーネントである「パラメータ設定」に関連付けられている。そのため、PQR はそのコンポーネントに、DQR はその入出力データに対応している。パラメータの入力の効率性 (QIUR) から、パラメータ設定の運用操作性とアクセシビリティ (PQR) が導き出され、同時にそれはモニタリングのためのパラメータの理解性 (DQR) を必然的に伴う。誤ったパラメータを入力することに対するリスク回避性 (QIUR) から、パラメータ設定の習得性およびユーザエラー防止性 (PQR) が導き出され、同時にそれはモニタリングのためのパラメータの理解性 (DQR) を必然的に伴う。

IoT システムに関するリスク回避性を検討する際には、

システムのインテグリティと重要なデータの機密性に関するリスクだけでなく、システムが他のシステムに何らかの損害を与えるというリスクも考慮する必要がある。例えば、システム内の一部の IoT デバイスはマルウェアに感染して DDoS 攻撃に寄与する可能性がある[10][11]。すなわち、インターネットに接続する IoT デバイスの製品品質要求には、一般的なインターネットセキュリティ要求が含まれているはずである。

表 6 契約者の QIUR からの PQR と DQR の導出
Table 6. Derivation of PQRs and DQRs from contractor's

QIURs				
利害関係者	Use case	QIUR	PQR	DQR
契約者 (直接ユーザ)	1-2	効率:入力操作	パラメータ設定の運用操作性とアクセシビリティ(Web)	監視用パラメータの理解性
	1-3 1-4		リスク回避性: 誤入力力の防止	パラメータ設定の習得性とユーザーエラー防止性(Web)

4.3 品質要求の仕様化

すべての QIUR, PQR, および DQR を定量的に仕様化するために、品質要求フレームワークは、図 12 に示す品質要求構造を使用することを求めている。

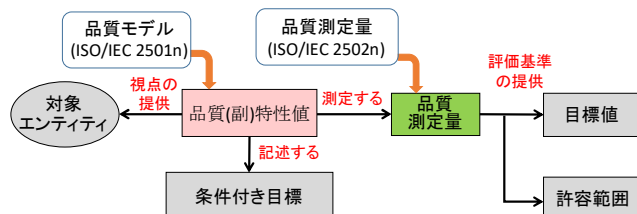


図 10 品質要求構造

Figure 10. Quality requirements structure

4.1 および 4.2 で選択/導出した重要品質副特性は、品質要求構造を通して、より完全な品質要求に詳細化する。

以下の例は、表 6 の「パラメータ設定のユーザーエラー防止性」の PQR を示している。

- 対象エンティティ: パラメータ設定
- 選択された特性: ユーザーエラー防止性
- 条件付きの品質目標:
契約者が Web からのモニタリング用パラメータを正しく入力することを支援する。
- 品質対策: ユーザー操作ミスの回避 (Uep-1-G [6])
- 目標値: 1
- 値の許容範囲: 0.98 - 1.00

5. 定性的評価

前節の適用結果に基づき、品質要求フレームワークの有効性について定性的評価を行った。以下がその結果である。

5.1 利害関係者の特定と重要な QIUR の選択

- 利点:
 - 利害関係者の役割の分類および例により、利害関係者とその目標の識別がしやすい。
 - 利害関係者の目標とユースケースが識別できれば、関連する品質副特性を見つけやすい。
- 課題:
 - 利害関係者の役割と品質副特性との関係には、パターンが存在する可能性が高い。

5.2 PQR と DQR の導出

- 利点:
 - QIUR を抽出し、次にそれらを PQR と DQR に関連付けるので、PQR と DQR の必要性および優先順位は、それらを単独で抽出するよりもはるかにビジブルである(今回、適用していない品質要求間の優先順位付けや衝突の解決ステップにおいて有用であると考えられる)。
 - 対象情報システムと ICT 製品を SQuaRE システム階層にマッピングすると、2 つの利点がある。
 - ◇ 品質管理対象エンティティを明確化
 - ◇ PQR と DQR を階層に対して再帰的に導出することを支援

- 課題:
 - PQR と DQR が QIUR から網羅的に導出されているかどうかを確認したいが、フレームワークが確認方法を支援していないため困難。ICT 製品の分類から重要な品質副特性への写像パターンなどの開発が必要である。

5.3 品質要求の仕様化

- 利点:
 - 品質要求構造は、品質要求を定量的に仕様化に必要な項目のリストを提供する。品質副特性に対応する品質測定量のリストは[4][5][6]で提供されているので、その中で適切な測定量が見つければ品質要求を洗練することは容易。
- 課題:
 - ISO / IEC 25022-25024[4][5][6]で提供されている測定量のセットだけではこの例題に適したものをを見つけるには不十分であった。

6. 関連研究

大規模で複雑なシステムへの品質要求規格の適用に関する

る報告はほとんどない。Doerr ら[11]は、ISO/IEC 9126[12]および IEEE-830[13]を 3 つの異なる設定で、品質要求方法として使用した経験を報告しており、これらの方法がより完全な品質要求につながると結論付けている。Jardim-Goncalves ら[14]は、SQuaRE と Generalized Net によって支持された、方式設計における ICT 製品の品質を評価するためのテストと評価の枠組みを提案している。

品質要求の獲得は最も重要な問題の 1 つである[15]。ロバートソンら[16]は、ユースケースが、品質要求を獲得するための優れた、しかし必ずしも常に有用ではない方法であるとしている。品質要求の中には、機能要求に直接リンクできるものもあれば、製品に適用されるものもある。彼らは、品質要求の獲得を支援するために、外観、使いやすさと人間性、性能、運用性、保守性、セキュリティ、文化と政治、法律の 8 つの型に品質要求を分類している。Plosch ら[17]は、目標の識別、品質観点の特定、測定可能な要素の導出、品質要求の導出の 4 つのステップからなる目標指向アプローチを用いた品質要求の導出方法を提案している。品質要求フレームワークは、上記のアプローチが持つすべての側面を提供している。

新しい技術を扱うために品質要求技術を開発し更新することは重要である。Noorwali ら[18]は、ビッグデータの文脈で品質要求を仕様化するためのアプローチを提案している。Knass ら[19]は、品質要求に関する知識のための知識管理フレームワークを提案し、アジャイル開発チームが、それらを適切に確立、共有、維持できるようにしている。品質要求フレームワークは、適用技術への依存性はないとしているが、本稿のような適用実験を通じて実証していく必要がある。

7. 結論と将来の課題

IoT システムのような ICT システムは、品質要求の定義に重点を置くべきである。本稿は、品質モデルと測定量を定義する ISO/IEC 25000 (SQuaRE) シリーズ、および品質要求を定義し ICT 製品の品質を評価する方法を紹介し、次いで、ISO/IEC 25030 改訂版の品質要求フレームワークを IoT システム、高齢者監視システムに適用し有用性と課題について評価した。フレームワークの有用性として、利害関係者の分類により利害関係者の特定が容易になること、PQR と DQR の導出元である QIUR を最初に抽出することで、それらの必要性と優先順位がビジブル化できること、SQuaRE システム階層が品質管理対象エンティティを明確化し、PQR と DQR の再帰的導出をサポートすること、品質要求構造により、品質要求の量的な洗練化を円滑にできることがわかった。さらに、利害関係者の役割と品質副特性との関係のパターン化、ICT 製品の分類から重要な品質副特性へのマッピング、利用可能な測定量の充実などが必

要であることなどの課題も明らかになった。

品質フレームワークの有用性を増大させ、その限界と問題を明確にするためには、さまざまな IoT システムやより大規模なシステムへの適用と、定量的評価が必要になると考える。

参考文献

- [1] ISO/IEC 25030:2019, SQuaRE — Quality requirements framework.
- [2] ISO/IEC 25010:2011, SQuaRE — System and software quality models.
- [3] ISO/IEC 25012:2008, SQuaRE — Data quality model.
- [4] ISO/IEC 25022:2016, SQuaRE — Measurement of quality in use.
- [5] ISO/IEC 25023:2016, SQuaRE — Measurement of system and software product quality.
- [6] ISO/IEC 25024:2015, SQuaRE — Measurement of data quality.
- [7] M. A. Razzaque, M. Milojevic-Jevric, A. Palade, and S. Clarke, "Middleware for internet of things, a survey," *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 3, No. 1, pp. 70-95, 2016.
- [8] S. Okazaki et al., "An Intelligent Space System and its Communication Method to Achieve the Low Energy Consumption," *IEEJ-C Vol. 136*, No. 12, pp. 1804-1814, 2016 (in Japanese).
- [9] C. Kolias, G. Kambourakis, A. Stavrou, and J. Voas. "DDoS in the IoT: Mirai and other botnets," *Computer*, Vol. 50, No. 7, pp. 80-84., 2017.
- [10] E. Bertino and N. Islam. "Botnets and internet of things security," *Computer*, Vol. 50, No. 2, pp. 76-79, 2017.
- [11] J. Doerr, D. Kerkow, T. Koenig, T. Olsson, and T. Suzuki. "Non-functional requirements in industry-three case studies adopting an experience-based NFR method." 13th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE'05). IEEE, 2005.
- [12] ISO/IEC 9126-1:2011, Software engineering — Product quality -- Part 1: Quality model.
- [13] IEEE 830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications.
- [14] R. Jardim-Goncalves, Ricardo, and V. Taseva. "Application of SQuaRE and Generalized Nets for extended validation of CE systems." 2009 IEEE International Technology Management Conference (ICE). IEEE, 2009.
- [15] S. Ullah, M. Iqbal, and A. M. Khan. "A survey on issues in non-functional requirements elicitation." *International Conference on Computer Networks and Information Technology*. IEEE, 2011.
- [16] S. Robertson, and J. Robertson. *Mastering the requirements process: Getting requirements right*. Addison-wesley, 2012.
- [17] R. Plosch, A. Mayr, and C. Korner. "Collecting quality requirements using quality models and goals." 2010 Seventh International Conference on the Quality of Information and Communications Technology. IEEE, 2010.
- [18] I. Noorwali, D. Arruda, and N. H. Madhavji. "Understanding quality requirements in the context of big data systems." *Proceedings of the 2nd International Workshop on BIG Data Software Engineering*. ACM, 2016.
- [19] E. Knass, G. Liebel, K. Schneider, J. Horkoff, and R. Kasauli. "Quality requirements in agile as a knowledge management problem: more than just-in-time." 2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW). IEEE, 2017.